

ステレオカメラと距離センサを用いた障害物検出による 知能ロボットの自律移動手法

Method of Autonomous Mobile for Intelligent Robot by Detecting Obstacles with Stereo Camera and Range Sensor

打井 裕基[†] 芋野 美紗子[‡] 土屋 誠司[‡] 渡部 広一[‡]
Yukihito Uchii Misako Imono Seiji Tsuchiya Hirokazu Watabe

1. はじめに

近年、人間と共に生活することのできるパートナーロボットが注目されており、それを実現するためには、家庭内などで障害物を回避しながら自律移動をすることが必要となる。自律移動は、様々なセンサを用いた研究例^[1]が存在しているが、人間と親しみやすいパートナーロボットを実現し家庭に導入する上で、多くのセンサを搭載することはコストの面で難しい。できるだけ少ないセンサで周囲状況を判断し、ユーザの要求に従って自律的に行動することのできる知能ロボットの実現が必要になると考えられる。

本稿では、ステレオカメラと距離センサを用いて周囲状況を判断し、ロボットが自己位置から目的地まで自律移動を行うシステムを提案する。人間は周囲状況を理解する際に情報のほとんどを目から得ていることから、ロボットではステレオカメラを用いることで周囲状況を理解することができると考えられる。しかし、ステレオカメラのみでは障害物までの距離の正確な計測が難しく、また、画像の処理に時間がかかるというデメリットが存在する。したがって、リアルタイムでデータ取得可能な距離センサを使用し、そのデータを用いてステレオカメラの使用するタイミングを限定することで、そのデメリットを軽減し周囲状況を理解することが可能であると考えられる。

2. 開発環境

本研究では、日常活動型ロボットである Robovie-R Ver.3^[2] (以下、Robovie-R3) を使用する。また、センサとしてステレオカメラと距離センサを使用する。

ステレオカメラを用いることで周囲の状況を画像情報として取得する。目的地の抽出や障害物の検出、ロボットの移動可能領域の抽出に使用する。

距離センサは Robovie-R3 の足元に搭載されており、測距範囲は、角度は 180°、距離は 0.02~5.6m、角度分解能は 0.352° である。レーザで周囲をスキャニングしながら物体までの距離を測定することができる。ただし、レーザは 2次元平面状に水平に照射されるため、ある一定の高さに存在する物体の検出しか行うことができない。本センサもステレオカメラ同様、障害物の検出やロボットの移動可能領域の抽出に使用する。

3. 提案手法

提案手法の流れを図 1 に示す。

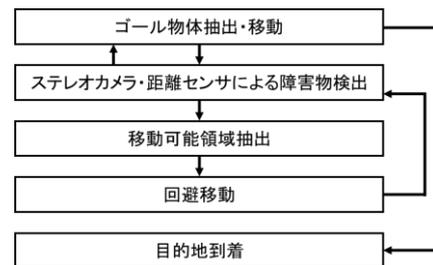


図 1 提案手法の流れ

3.1 ゴール物体抽出・移動

ステレオカメラの左カメラで取得した画像から目的地となるゴール物体のみを抽出し、抽出された部分の重心点を求める。その重心点が、画像を縦方向に 3 等分した中央部に常に位置するように前進移動をする。中央部にある場合は前進を行い、中央部にはない場合は左右回転をして中央部に重心を移動させてから前進移動を行う。

3.2 ステレオカメラ・距離センサによる障害物検出

ゴール物体に向けて前進している際、距離センサによりロボット前方正方形 1m²に物体を検出した場合、ステレオカメラで障害物検出を行う。ステレオカメラで取得した左右 2 枚の画像でステレオマッチングを行い、マッチングした点同士でピクセル座標差を算出する。座標差が大きいほど白く、小さいほど黒く表した 256 段階白黒濃淡画像としてまとめたものを視差画像として出力する^[3]。そして画素濃度値が閾値より小さい部分は物体が遠くにあり障害物と認識しないため、削除することで雑音除去を行う。本稿では実験的に求めた値である 50 を閾値とすることで約 1m 以内にある障害物を検出する。また、左画像のラベリングを行い、各領域と雑音除去した画像を重ね合わせ、その面積が最大となった部分を障害物として認識する。例として、ステレオカメラを用いて撮影した画像を図 2、図 3 に、視差画像を図 4 に示す。この画像を用いて上記の処理を行うと図 5 の障害物画像が得られる。



図 2 左画像



図 3 右画像

[†] 同志社大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

[‡] 同志社大学 理工学部
Faculty of Science and Engineering, Doshisha University



図 4 視差画像



図 5 障害物画像

3.3 移動可能領域抽出

ステレオカメラから得られた障害物画像と距離センサの取得結果から、移動可能領域を抽出する。まず障害物画像を縦方向に 8 等分し、左から順番に A~H の記号を割り当てる。本稿のステレオカメラでは撮影可能な視野角度が約 60°なので、1 つ当たりの分割範囲は 7.5°となる。A に障害物が存在する場合、図 8 の A の実線部分に障害物が存在すると考え、距離センサから取得した距離データにその情報を追加する。B~H おいても同様の手順を行う。例として、図 5 の障害物画像と図 7 の距離データを取得した場合、図 6 のように障害物画像が 8 分割され、B, C, D, E の部分に障害物が存在することとなるため、図 8 の B, C, D, E の部分を距離データに追加する。その追加距離データを図 9 に示す。

追加された距離データを用い、左右どちらが障害物を回避しやすいかを判断する。距離データを原点中心に回転させて図 10 の領域内に障害物を検出できなくなったら終了とし、これを左回転、右回転の両方行う。距離データを左回転させた方が早く障害物を回避できると判断した場合、右に回避を選択する。右回転の場合はその逆で、左に回避を選択する。また、初めから図 10 の領域内に障害物を検出できない場合は前進を選択する。



図 6 取得した障害物画像

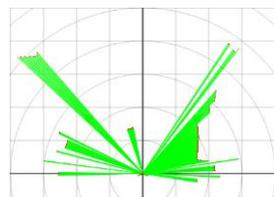


図 7 取得した距離データ

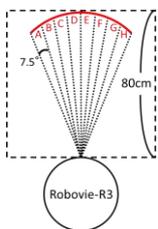


図 8 距離データ追加部

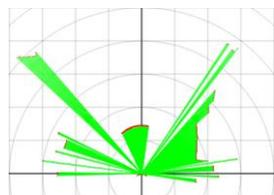


図 9 追加距離データ

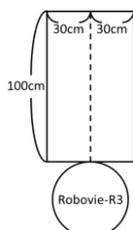


図 10 移動可能領域判定

3.4 回避移動

前節で抽出された回避方向への回転または前進を行う。そしてまたステレオカメラ・距離センサによる障害物検出を行い、障害物が検出されれば移動可能領域抽出、検出されなければゴール物体の抽出へと移る。そしてゴール物体と Robovie-R3 の距離が 1m 以内になると目的地到着とする。

4. 評価と考察

ロボットの位置から目的地までの間に障害物を 1~4 個設置した環境を 40 通り用意し実験を行う。目的地に到着すれば成功、到着しなければ失敗とし、評価を行う。全体の評価結果を表 1 に示す。距離センサのみの障害物検出では精度 52.5%であったが、本稿の提案手法で精度 72.5%まで上昇した。よって距離センサのみでは対応できない実験環境でもステレオカメラを併用することによって実験の成功例を増加させることができた。よって本稿における手法で、ステレオカメラと距離センサを上手く組み合わせて自律移動システムの構築ができ、距離センサでの障害物検出におけるデメリットをステレオカメラで補えたと考えられる。

表 1 評価結果

	成功	失敗
ステレオカメラ + 距離センサ	29回(72.5%)	11回(27.5%)
距離センサ	21回(52.5%)	19回(47.5%)

5. おわりに

ステレオカメラと距離センサを用いてロボットの自律移動システム構築を行った。提案した手法により 72.5%の精度でロボットの自律移動を行うことができた。本稿ではゴール物体を色抽出にて行っているが、この部分を画像からの物体認識技術と組み合わせることができれば本稿の手法を人の生活に生かすことができると考えられる。また、人間とのコミュニケーションの上で目的地を自動的に判断するシステムができれば、より日常的なパートナーロボットとして機能できると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(若手研究(B)24700215)の補助を受けて行った。

参考文献

- [1] 白井良明, 大田友一, “自律移動ロボットにおけるセンシング技術”, 日本ロボット学会誌, Vol.5, No.5, pp.391-397, 1987
- [2] “Robovie-R3 (ロボビー アールスリー) | ヴァイストーン株式会社”, http://www.vstone.co.jp/products/robovie_r3/, 9.Feb.2015.
- [3] STAN BIRCHFIELD, CARLO TOMASI, “Depth Discontinuities by Pixel-to-Pixel Stereo”, International Journal of Computer Vision 35(3) 269-293, 1999